



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 196 36 461 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
G 01 N 27/12  
G 01 N 27/27  
G 01 N 27/403

⑳ Aktenzeichen: 196 36 461.2  
㉔ Anmeldetag: 7. 9. 96  
㉕ Offenlegungstag: 12. 3. 98

DE 196 36 461 A 1

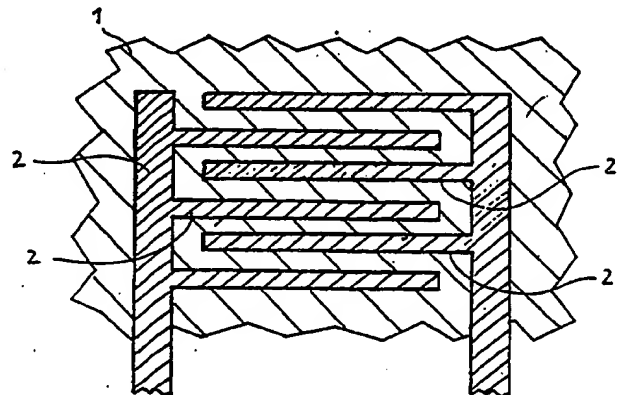
㉑ Anmelder:  
Forschungszentrum Jülich GmbH, 52428 Jülich, DE  
㉒ Vertreter:  
Paul und Kollegen, 41464 Neuss

㉓ Erfinder:  
Schöning, Michael, Dr., 52428 Jülich, DE;  
Horstmann, Manfred, 52428 Jülich, DE; Kordos,  
Peter, Prof. Dr., 52428 Jülich, DE; Lüth, Hans, Prof.  
Dr., 52076 Aachen, DE  
㉔ Entgegenhaltungen:  
DE 43 18 519 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉕ Sensoranordnung und Verfahren zu deren Herstellung

㉖ Dargestellt und beschrieben ist eine Sensoranordnung insbesondere für die chemische Analytik und Prozeßkontrolle und für die Medizintechnik mit einem Halbleitersubstrat (1) und am Halbleitersubstrat (1) vorgesehenen interdigitalen Mikroelektroden (2), bei der die Mikroelektroden (2) als ionenimplantierte Schichten innerhalb des Halbleitersubstrats (1) ausgebildet sind. Außerdem ist ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Sensoranordnung beschrieben.



DE 196 36 461 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung insbesondere für die chemische Analytik und Prozeßkontrolle und für die Medizintechnik mit einem Halbleitersubstrat und am Halbleitersubstrat vorgesehenen interdigitalen Mikroelektroden. Desweiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer solchen elektrochemischen Sensoranordnung.

Die Bestimmung von Ionenaktivitäten mittels ionenselektiver Elektroden stellt ein weit verbreitetes Verfahren im Bereich der chemischen Analytik und Prozeßkontrolle auf verschiedenen Gebieten wie Biotechnologie, Umweltschutz, Gesundheitswesen etc. dar. Neben der pH-Wert-Bestimmung kann eine Vielzahl unterschiedlicher Kationen und Anionen nachgewiesen werden.

Da die zu untersuchenden Probenvolumina meistens sehr gering sind, sind miniaturisierte elektrochemische Sensoren in Silizium-Technologie entwickelt worden. Neben den niedrigen Herstellungskosten ermöglichen solche Sensoren die Perspektive, mehrere Mikrosensoren innerhalb eines Sensorchips zu integrieren und auf diese Weise die gesamte Signalverarbeitung über einen Sensorchip durchzuführen.

Aus der DE-A-43 18 519 sind miniaturisierte Halbleitersensoren mit interdigitalen Mikroelektroden, d. h. fingerförmig ausgebildeten Metallschichten oder potentialbildenden Metalloxiden, die ineinandergreifen, bekannt. Bei diesen Sensoren sind die als Transducer wirkenden Mikroelektroden auf ein Siliziumsubstrat abgeschieden. Auf der Oberfläche dieser Mikroelektroden befindet sich dann eine sensoraktive Substanz, die in unmittelbarem Kontakt mit dem zu untersuchenden Meßmedium, d. h. mit der Flüssigkeit oder der Gasphase, steht.

Eine Hauptschwierigkeit von solchen auf ein Halbleitersubstrat aufgebracht strukturierten Mikrosensoren stellt die unzureichende Langzeitstabilität unter realen Meßbedingungen dar. Eine Ursache hierfür liegt darin, daß die Sensoroberflächen relativ uneben sind, da die mittels Lithographietechnik aufgetragenen Mikroelektroden von der Substratoberfläche vorstehen. An diesen Erhöhungen, d. h. an den Stufen und Kanten der Mikroelektroden, setzt bei Kontakt mit einem aggressiven Meßmedium bevorzugt Korrosion und Lochfraß ein, was zu einer sukzessiven Degradation bis zur Funktionsuntüchtigkeit der Sensoren unter realen Einsatzbedingungen führen kann.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Sensoranordnung der eingangs genannten Art und ein Verfahren zu deren Herstellung zu schaffen, die eine hohe Korrosionsbeständigkeit der Mikroelektroden gewährleisten.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß im wesentlichen dadurch gelöst, daß die Mikroelektroden als ionenimplantierte Schichten innerhalb des Halbleitersubstrats ausgebildet sind. Durch die Nutzung der Ionenimplantationstechnik zur Erzeugung von Mikroelektroden innerhalb des Halbleitersubstrats kann die Sensoroberfläche absolut planar gestaltet werden, wodurch die bevorzugte Korrosion an topographischen Unebenheiten entfällt, so daß die Korrosionsbeständigkeit gegenüber herkömmlichen Sensoranordnungen, bei denen die Mikroelektroden auf die Halbleitersubstratoberfläche aufgebracht sind, deutlich erhöht ist. Außerdem kann die ebene Sensoroberfläche sehr stabil mit sensoraktiven Substanzen beschichtet werden. Desweiteren eröffnet die Verwendung der Technik der Ionenimplantation die

Möglichkeit, die Mikroelektroden als unterschiedlich hoch dotierte Bereiche in Form von leitenden pn-Übergängen im Halbleitersubstrat auszubilden.

Durch die Verwendung des Verfahrens der Ionenimplantation ist es weiterhin möglich, Mikroelektroden aus einzelnen Schichten, die aus unterschiedlichen Materialien bestehen, herzustellen. Damit läßt sich beispielsweise gezielt die elektrische Leitfähigkeit der Mikroelektroden variieren. Außerdem ist es möglich, in das Halbleitersubstrat eingebrachte Metallelektroden durch Ionenimplantation nachträglich zu modifizieren. Dazu werden vorzugsweise Metalloxide bzw. Metallverbindungen wie AgI, AgCl, AgBr oder AgF durch Ionenimplantation realisiert. Damit bleibt die Oberflächentopographie und die räumliche Anordnung sowie Ausdehnung der in das Halbleitersubstrat eingebrachten Mikroelektroden unverändert und behält die erläuterten Vorteile bei.

Bevorzugterweise besteht das Halbleitersubstrat aus Silizium oder Germanium und hat eine Schichtdicke von 10 µm bis 5 mm, insbesondere von 200 µm bis 1 mm.

Es ist nicht unbedingt erforderlich, die Mikroelektroden direkt in das Halbleitersubstrat einzubringen. Alternativ können die Mikroelektroden auch als ionenimplantierte Schichten innerhalb einer auf dem Halbleitersubstrat vorgesehenen dielektrischen Isolatorschicht oder Isolatorschichtanordnung ausgebildet sein. Es hat sich gezeigt, daß dielektrische Isolatorschichten aus SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> besonders geeignet sind und mit einer Schichtdicke von 5 nm bis 1 µm, vorzugsweise 20 nm bis 500 nm, aufgebracht werden sollten.

In Ausgestaltung der Erfindung ist eine Isolatorschichtanordnung mit einer auf dem Halbleitersubstrat angeordneten ersten Isolatorschicht aus vorzugsweise SiO<sub>2</sub> und einer auf der ersten Isolatorschicht angeordneten zweiten Isolatorschicht aus vorzugsweise Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> oder Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vorgesehen, wobei die Mikroelektroden in der außen gelegenen zweiten Isolatorschicht liegen. Durch diese Sandwichstruktur wird eine wesentliche Erhöhung der Sensorstabilität erreicht. Die Schichtdicken dieser Passivierungsmaterialien sollten im Bereich zwischen 5 nm und 1 µm, insbesondere zwischen 20 nm und 500 nm, liegen. Die Aufbringung der dielektrischen Isolatorschichten erfolgt dabei vorzugsweise nach dem PVD- oder CVD-Verfahren oder durch laserinduzierte Abscheidung.

Es können Edelmetalle wie beispielsweise Au, Ag, Pt, Co oder Ti implantiert werden, wobei es möglich ist, Mikroelektroden mit mehreren Schichten aus unterschiedlichen Materialien und Materialsystemen zu bilden.

Die Mikroelektroden werden vorzugsweise bis in eine maximale Tiefe von 300 nm in das Halbleitersubstrat bzw. die jeweils außen liegende Isolatorschicht eingebracht. Die Dicke der Mikroelektroden bestimmt hauptsächlich den Serienwiderstand und sollte deswegen bei Metallen wenigstens 100 nm und vorzugsweise etwa 200 nm betragen. Außerdem sollte die Breite der Elektroden nicht kleiner als 100 nm sein, da sonst der Querschnitt zu klein und damit der Serienwiderstand zu groß wird. Der Abstand zwischen den Mikroelektroden ist vorzugsweise etwa doppelt so groß wie der Abstand der Mikroelektroden von der Substrat- bzw. der Isolatorschichtoberfläche. Hierdurch wird gewährleistet, daß sich auch an der Oberfläche ein hinreichend starkes elektrisches Feld befindet. Beide Faktoren bestimmen die RC-Konstante, welche die Obergrenze der Auslesegeschwindigkeit der Sensoranordnung festlegt.

Auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats bzw. der mit Mikroelektroden versehenen Isolatorschicht können sensoraktive Substanzen zum Nachweis von beispielsweise bestimmten biologisch oder chemisch aktiven Substanzen vorgesehen sein. Insbesondere können als sensoraktive Substanzen anorganische Materialien wie beispielsweise pH-sensitive Dielektrika oder salzartige Verbindungen vorgesehen sein. Alternativ ist es möglich, organische Materialien wie beispielsweise Polymer-Membrane bzw. selbstorganisierende Dünnschichtmembrane mit eingebrachten Ionophoren zum selektiven Ionennachweis zu verwenden. Auch können als sensoraktive Substanzen biologisch aktive Stoffe wie beispielsweise Enzyme, Chemorezeptoren, Antikörper, Antigene oder Gewebeschnitte bzw. komplette Zellen vorgesehen sein. Die Auswahl hängt letztlich von dem Einsatzgebiet, für das die Sensoranordnung bestimmt ist, ab.

Anstelle der sensoraktiven Substanzen kann auf die Oberfläche des Halbleitersubstrats bzw. der mit Mikroelektroden versehenen Isolatorschicht auch eine aktive Absorptionsschicht zur Strahlungsdetektion aufgebracht oder das Halbleitersubstrat selbst als aktive Absorptionsschicht ausgebildet sein. Wird das Halbleitersubstrat als aktive Schicht benutzt, so kann im Gegensatz zu konventionellen Strahlungsdetektoren mit interdigitalen Mikroelektroden auf der Substratoberfläche bei dieser Anordnung zusätzlich die Region zwischen Mikroelektrode und Oberfläche zur Absorption genutzt werden. Dies führt zu einer verbesserten Quantenausbeute.

Hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen der Erfindung wird auf die Unteransprüche sowie die nachfolgende Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung verwiesen. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 in Schnittdarstellung eine Sensoranordnung gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 die Sensoranordnung aus Fig. 1 im Querschnitt und

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung im Querschnitt.

Die Fig. 1 und 2 zeigen den Grundaufbau einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung. Zu der Sensoranordnung gehören im wesentlichen ein Halbleitersubstrat 1, das aus Silizium oder Germanium mit einer Schichtdicke von 10  $\mu\text{m}$  bis 5 mm, insbesondere von 200  $\mu\text{m}$  bis 1 mm, besteht, und interdigitale Mikroelektroden 2, die innerhalb des Halbleitersubstrats 1 ausgebildet sind. Eine Sensorschicht 4 bedeckt den Bereich der Mikroelektroden 2, wobei die elektrische Kontaktierung sich weit entfernt vom sensoraktiven Bereich befindet.

Die Mikroelektroden 2 sind als ionenimplantierte Schichten tief in das Halbleitersubstrat 1 eingebracht, so daß die Sensoroberfläche absolut planar und damit sehr korrosionsfest ist, da die bevorzugte Korrosion an topographischen Unebenheiten entfällt.

Die Technik der Ionenimplantation ist auf dem Gebiet der Halbleitertechnik gut bekannt, wo sie beispielsweise zur Dotierung von Halbleitern eingesetzt wird, und soll daher hier nicht näher erläutert werden. Es sei lediglich angemerkt, daß die Ortsauflösung, d. h. die Definierung der Bereiche, in denen die Mikroelektroden erzeugt werden sollen, in an sich ebenfalls bekannter Weise mittels Lithographietechnik erfolgt.

Bei der Erzeugung der Mikroelektroden 2 durch Ionenimplantation ist außerdem zu berücksichtigen, daß während der Implantation mit hoher Dosis die Atome

des Halbleitersubstrats durch Impulsübertrag in Abhängigkeit von der Dosis und Ionenenergie sowie vom Atomgewicht und der Dichte des Halbleitersubstrats abhängt, abgetragen wird. Desweiteren ist zu beachten, daß während der Implantation die einfallenden Ionen nicht nur in Richtung des einfallenden Ionenstrahls, sondern auch lateral gestreut werden. Deshalb ist bei der Verwendung von Implantationsmasken zu beachten, daß deren Öffnungen nicht zu eng benachbart sind, um Überlagerungen zu vermeiden.

Die Geometrie und der Abstand der einzelnen Mikroelektroden 2 kann im Bereich von wenigen mm bis hin zu etwa 100 nm variieren, wobei die untere Grenze durch die minimale laterale Auflösung des Ionenstrahls während der Ionenimplantation begrenzt ist. Dabei sollte jedoch darauf geachtet werden, daß der Querschnitt der Mikroelektroden nicht zu klein wird, da ansonsten der Serienwiderstand zu groß wird. Im einzelnen sollten die Breite b und die Dicke d der Mikroelektroden 2 jeweils 100 nm nicht unterschreiten, wenn Mikroelektroden 2 aus Metall verwendet werden. Weiterhin sollte der Abstand a zwischen den Elektroden etwa doppelt so groß wie der Abstand c der Mikroelektroden 2 von der Substratoberfläche sein. Hierdurch wird gewährleistet, daß sich auch an der Oberfläche ein hinreichend starkes elektrisches Feld befindet. Beide Faktoren bestimmen die RC-Konstante der Sensoranordnung, die letztlich die Obergrenze der Auslesegeschwindigkeit der Sensoranordnung festlegt.

Mit der Ionenimplantation ist es möglich, die Mikroelektroden 2 schichtweise aufzubauen und dabei insbesondere auch unterschiedliche Materialien zu kombinieren. Weiterhin gestattet die Technik der Ionenimplantation auch den Einsatz von unterschiedlich hoch dotierten Bereichen im Halbleitersubstrat in Form von Schottky-Dioden, d. h. leitenden pn-Übergängen, als Mikroelektroden 2 für Sensoranwendungen.

Als Materialien können Edelmetalle wie beispielsweise Au, Ag, Pt, Co oder Ti implantiert werden. Weiterhin ist es möglich, die in das Halbleitersubstrat eingebrachten Mikroelektroden 2 aus Metall mittels der Technologie der Ionenimplantation nachträglich zu modifizieren, indem beispielsweise Metalloxide oder Metallverbindungen wie AgI, AgCl, AgBr oder AgF realisiert werden.

Für die sensoraktive Schicht 4, die auf die planare Oberfläche des mit Mikroelektroden 2 versehenen Halbleitersubstrats 1 aufgebracht wird, können anorganische Materialien, insbesondere pH-sensitive Dielektrika wie beispielsweise  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{Si}_3\text{N}_4$  oder salzartige Verbindungen wie beispielsweise AgCl oder  $\text{LaF}_3$  verwendet werden. Alternativ ist es möglich, organische Materialien wie Polymer-Membrane bzw. selbstorganisierende Dünnschichtmembrane mit eingebrachten Ionophoren zum selektiven Ionennachweis zu verwenden. Außerdem können auch biologisch aktive Stoffe wie beispielsweise Enzyme, Chemorezeptoren, Antikörper, Antigene oder Gewebeschnitte in der sensoraktiven Schicht 4 enthalten sein.

Wenn die Sensoranordnung zur Strahlungsdetektion verwendet werden soll, kann die Sensorschicht 4 als aktive Absorptionsschicht ausgebildet sein. Alternativ kann auch das Halbleitersubstrat selbst als aktive Schicht genutzt werden. In diesem Fall kann im Gegensatz zu konventionellen Strahlungsdetektoren mit interdigitalen Mikroelektroden auf der Substratoberfläche, zusätzlich die Region zwischen Mikroelektrode 2 und Oberfläche zur Absorption genutzt werden. Dies führt

zu einer verbesserten Quantenausbeute.

In Fig. 3 ist eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung dargestellt. Bei dieser Ausführungsform sind die Mikroelektroden 2 nicht direkt in das Halbleitersubstrat 1 eingebracht, sondern innerhalb einer auf dem Halbleitersubstrat 1 vorgesehenen dielektrischen Isolatorschicht 3 ausgebildet. Diese Isolatorschicht 3 kann beispielsweise aus  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$  oder  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  und ähnlichen dielektrischen Materialien bestehen und weist eine Schichtdicke von 5 nm bis 1  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 20 nm bis 500 nm auf. Die Einbringung der Mikroelektroden 2 in die Isolatorschicht 3 erfolgt in grundsätzlich gleicher Weise wie zuvor beschrieben mittels Ionenimplantation. Auch hinsichtlich der Ausbildung und Dimensionierung gelten die vorstehenden Ausführungen. Auf die Isolatorschicht 3 wird eine Sensorschicht 4 mit den zuvor beschriebenen Merkmalen aufgebracht.

Bevorzugterweise wird in einem ersten Schritt  $\text{SiO}_2$  mit einer Schichtdicke von 5 nm bis 1  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 20 nm bis 500 nm, mittels thermischer Trocken- oder Na $\text{O}$ -Oxidation im Bereich zwischen 700°C und 1200°C oder durch ein CVD-Verfahren auf das Halbleitersubstrat 1 aufgebracht. In diese Schicht werden dann im nächsten Schritt die Mikroelektroden 2 durch Ionenimplantation eingebracht. Anstelle von  $\text{SiO}_2$  lassen sich andere dielektrische Materialien mittels gängiger Verfahren der Siliziumplanar-Technologie wie PVD- oder CVD-Verfahren oder laserinduzierte Abscheidung auf dem Halbleitersubstrat mit vergleichbaren Schichtdicken deponieren.

Zur weiteren Erhöhung der Sensorstabilität kann die Isolatorschicht eine Sandwichstruktur aus  $\text{SiO}_2$  und einem weiteren Dielektrikum aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  haben. Die Schichtdicken dieser dielektrischen Materialien liegen im Bereich zwischen 5 nm und 1  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 20 nm und 500 nm. Die Abscheidung kann mittels PVD-, CVD-Verfahren oder Laserablation erfolgen. Die Mikroelektroden werden nach der Ausbildung der Sandwichstruktur in die außenliegende Deckschicht aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  eingebracht.

Die Sensoranordnungen können zur Bestimmung von chemischen Substanzen der Verbindungen in flüssigen Systemen wie beispielsweise Wasser, Blut, Fermentationsbrühen oder Prozeßabwasser sowie in Gasen eingesetzt werden. Insbesondere können die Sensoranordnungen zur Charakterisierung geringster Probenvolumina im Mikroliterbereich, in der Medizintechnik und Pharmazie beispielsweise zur Erfassung pathologischer Konzentrationen, in der Biologie beispielsweise für extra- und intrazelluläre Messungen von Zellen von Proteinen, in der Elektrochemie für Studien zu Korrosionsvorgängen an Festkörper/Flüssigkeitsgrenzen und dergleichen eingesetzt werden. Dabei lassen sich die als Transducer wirkenden Mikroelektroden für polarografische, amperometrische, coulometrische, impedimetrische oder potentiometrische Meßanordnungen verwenden.

#### Patentansprüche

1. Sensoranordnung insbesondere für die chemische Analytik und Prozeßkontrolle und für die Medizintechnik mit einem Halbleitersubstrat (1) und am Halbleitersubstrat (1) vorgesehenen interdigitalen Mikroelektroden (2), dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroelektroden (2) als ionenimplantierte Schichten innerhalb des Halbleitersubstrats (1) aus-

gebildet sind.

2. Sensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroelektroden (2) als unterschiedlich hoch dotierte Bereiche in Form von leitenden pn-Übergängen im Halbleitersubstrat (1) ausgebildet sind.

3. Sensoranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitersubstrat (1) eine Schichtdicke von 10  $\mu\text{m}$  bis 5 mm, insbesondere von 200  $\mu\text{m}$  bis 1 mm hat.

4. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitersubstrat (1) aus Silizium oder Germanium besteht.

5. Sensoranordnung insbesondere für die chemische Analytik und Prozeßkontrolle und für die Medizintechnik mit einem Halbleitersubstrat (1) und am Halbleitersubstrat (1) vorgesehenen interdigitalen Mikroelektroden (2), dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroelektroden (2) als ionenimplantierte Schichten innerhalb einer auf dem Halbleitersubstrat (1) vorgesehenen dielektrischen Isolatorschicht (3) oder Isolatorschichtanordnung ausgebildet sind.

6. Sensoranordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die dielektrische Isolatorschicht (3)  $\text{SiO}_2$  und/oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und/oder  $\text{Si}_3\text{N}_4$  und/oder  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  als Bestandteil aufweist.

7. Sensoranordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolatorschicht (3) eine Schichtdicke von 5 nm bis 1  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 20 nm bis 500 nm, aufweist.

8. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Isolatorschichtanordnung mit einer auf dem Halbleitersubstrat (1) vorgesehenen ersten Isolatorschicht aus vorzugsweise  $\text{SiO}_2$  und einer auf der ersten Isolatorschicht vorgesehenen zweiten Isolatorschicht (3) aus vorzugsweise  $\text{Si}_3\text{N}_4$  oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vorgesehen ist und die Mikroelektroden (2) in der außenliegenden zweiten Isolatorschicht (3) vorgesehen sind.

9. Sensoranordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicken in der Isolatorschichtanordnung im Bereich zwischen 5 nm und 1  $\mu\text{m}$ , insbesondere zwischen 20 nm und 500 nm liegen.

10. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroelektroden (2) direkt, insbesondere maximal 300 nm, unterhalb der Oberfläche des Halbleitersubstrats (1) bzw. der jeweils außen gelegenen Isolatorschicht (3) liegen.

11. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroelektroden (2) eine Dicke (d) und/oder Breite (b) von wenigstens 100 nm, insbesondere etwa 200 nm, haben.

12. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (a) zwischen den Mikroelektroden (2) etwa doppelt so groß wie der Abstand (c) der Mikroelektroden (2) von der Substrat- bzw. Isolatorschichtoberfläche ist.

13. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroelektroden (2) im wesentlichen aus Edelmetallen, insbesondere aus Au, Ag, Pt, Co oder Ti bestehen.

14. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroelek-

troden (2) aus mehreren Schichten aus unterschiedlichen Materialien oder Materialsystemen bestehen.

15. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Halbleitersubstrat (1) wenigstens zwei Paare von interdigitalen Mikroelektroden (2) als Mikroelektrodenarray angeordnet sind.

16. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats (1) bzw. der mit Mikroelektroden (2) versehenen Isolatorschicht (3) sensoraktive Substanzen zum Nachweis von beispielsweise bestimmten biologisch oder chemisch aktiven Substanzen vorgesehen sind.

17. Sensoranordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß als sensoraktive Substanzen anorganische Materialien, insbesondere pH-sensitive Dielektrika oder salzartige Verbindungen vorgesehen sind.

18. Sensoranordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß als sensoraktive Substanzen organische Materialien, insbesondere Polymer-Membranen bzw. selbstorganisierende Dünnschichtmembranen mit eingebrachten Ionophoren zum selektiven Ionennachweis vorgesehen sind.

19. Sensoranordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß als sensoraktive Substanzen biologisch aktive Stoffe wie beispielsweise Enzyme, Chemorezeptoren, Antikörper, Antigene oder Gewebeschnitte bzw. komplette Zellen vorgesehen sind.

20. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Oberfläche des Halbleitersubstrats (1) bzw. die mit Mikroelektroden (2) versehenen Isolatorschicht (3) eine aktive Absorptionsschicht zur Strahlungsdetektion aufgebracht ist oder das Halbleitersubstrat (1) selbst als aktive Absorptionsschicht ausgebildet ist.

21. Verfahren zur Herstellung von Sensoranordnungen mit einem Halbleitersubstrat (1) und am Halbleitersubstrat (1) vorgesehenen interdigitalen Mikroelektroden (2), dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroelektroden (2) durch Ionenimplantation in das Innere des Halbleitersubstrats (1) eingebracht werden.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß durch Ionenimplantation unterschiedlich hoch dotierte Bereiche in Form von leitenden pn-Übergängen im Halbleitersubstrat (1) zur Bildung der Mikroelektroden (2) erzeugt werden.

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß ein Halbleitersubstrat (1) mit einer Schichtdicke von 10 µm bis 5 mm, insbesondere von 200 µm bis 1 mm verwendet wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß ein Halbleitersubstrat (1) aus Silizium oder Germanium verwendet wird.

25. Verfahren zur Herstellung von Sensoranordnungen mit einem Halbleitersubstrat (1) und am Halbleitersubstrat (1) vorgesehenen interdigitalen Mikroelektroden (2), dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroelektroden (2) in eine auf dem Halbleitersubstrat (1) vorgesehene dielektrische Isolatorschicht (3) oder Isolatorschichtanordnung durch Ionenimplantation eingebracht werden.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß eine dielektrische Isolatorschicht (3) verwendet wird, die SiO<sub>2</sub> und/oder Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und/oder Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> und/oder Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> als Bestandteil aufweist.

27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolatorschicht (3) mit einer Schichtdicke von 5 nm bis 1 µm, vorzugsweise 20 nm bis 500 nm, auf das Halbleitersubstrat (1) aufgebracht wird.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß auf das Halbleitersubstrat (1) eine erste Isolatorschicht aus vorzugsweise SiO<sub>2</sub> aufgebracht wird und dann auf die erste Isolatorschicht eine zweite Isolatorschicht (3) aus vorzugsweise Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> oder Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> aufgebracht wird und die Mikroelektroden (2) durch Ionenimplantation in die zweite, außen gelegene Isolatorschicht (3) eingebracht werden.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Isolatorschichten jeweils mit einer Schichtdicke von 5 nm bis 1 µm, insbesondere 20 nm bis 500 nm, aufgebracht werden.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die dielektrischen Isolatorschichten nach dem PVD- oder CVD-Verfahren oder durch thermische Oxidation oder laserinduzierte Abscheidung auf dem Halbleitersubstrat (1) deponiert werden.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroelektroden (2) bis in eine maximale Tiefe von 300 nm unterhalb der Oberfläche in das Halbleitersubstrat (1) bzw. die jeweils außenliegende Isolatorschicht (3) eingebracht werden.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß Mikroelektroden (2) mit einer Dicke (d) und/oder einer Breite (b) von wenigstens 100 nm, insbesondere etwa 200 nm, durch Ionenimplantation erzeugt werden.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (a) zwischen den Mikroelektroden (2) etwa doppelt so groß wie der Abstand (c) der Mikroelektroden (2) von der Substrat- bzw. Isolatorschichtoberfläche gewählt wird.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß Edelmetalle wie beispielsweise Au, Ag, Pt, Co oder Ti implantiert werden.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die in das Halbleitersubstrat (1) eingebrachten Metallelektroden (2) durch Ionenimplantation nachträglich modifiziert werden.

36. Verfahren nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß Metalloxide bzw. Metallverbindungen wie AgI, AgCl, AgBr oder AgF durch Ionenimplantation realisiert werden.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Oberfläche des Halbleitersubstrats (1) bzw. der mit Mikroelektroden (2) versehenen Isolatorschicht (3) sensoraktive Substanzen zum Nachweis von beispielsweise bestimmten biologisch oder chemisch aktiven Substanzen aufgebracht werden.

38. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß als sensoraktive Substanzen anorganische Materialien, insbesondere pH-sensitive Di-

elektrika oder salzartige Verbindungen verwendet werden.

39. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß als sensoraktive Substanzen organische Materialien, insbesondere Polymermembranen bzw. selbstorganisierende Dünnschichtmembranen mit eingebrachten Ionophoren zum selektiven Ionennachweis verwendet werden. 5

40. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß als sensoraktive Substanzen biologisch aktive Stoffe wie beispielsweise Enzyme, Chemorezepturen, Antikörper, Antigene oder Gewebeschnitte bzw. komplette Zellen verwendet werden. 10

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Oberfläche des Halbleitersubstrats (1) bzw. der mit Mikroelektroden (2) versehenen Isolatorschicht (3) eine aktive Adsorptionsschicht zur Strahlungsdetektion aufgebracht wird. 15

42. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitersubstrat (1) als aktive Adsorptionsschicht zur Strahlungsdetektion ausgebildet ist. 20

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen 25

30

35

40

45

50

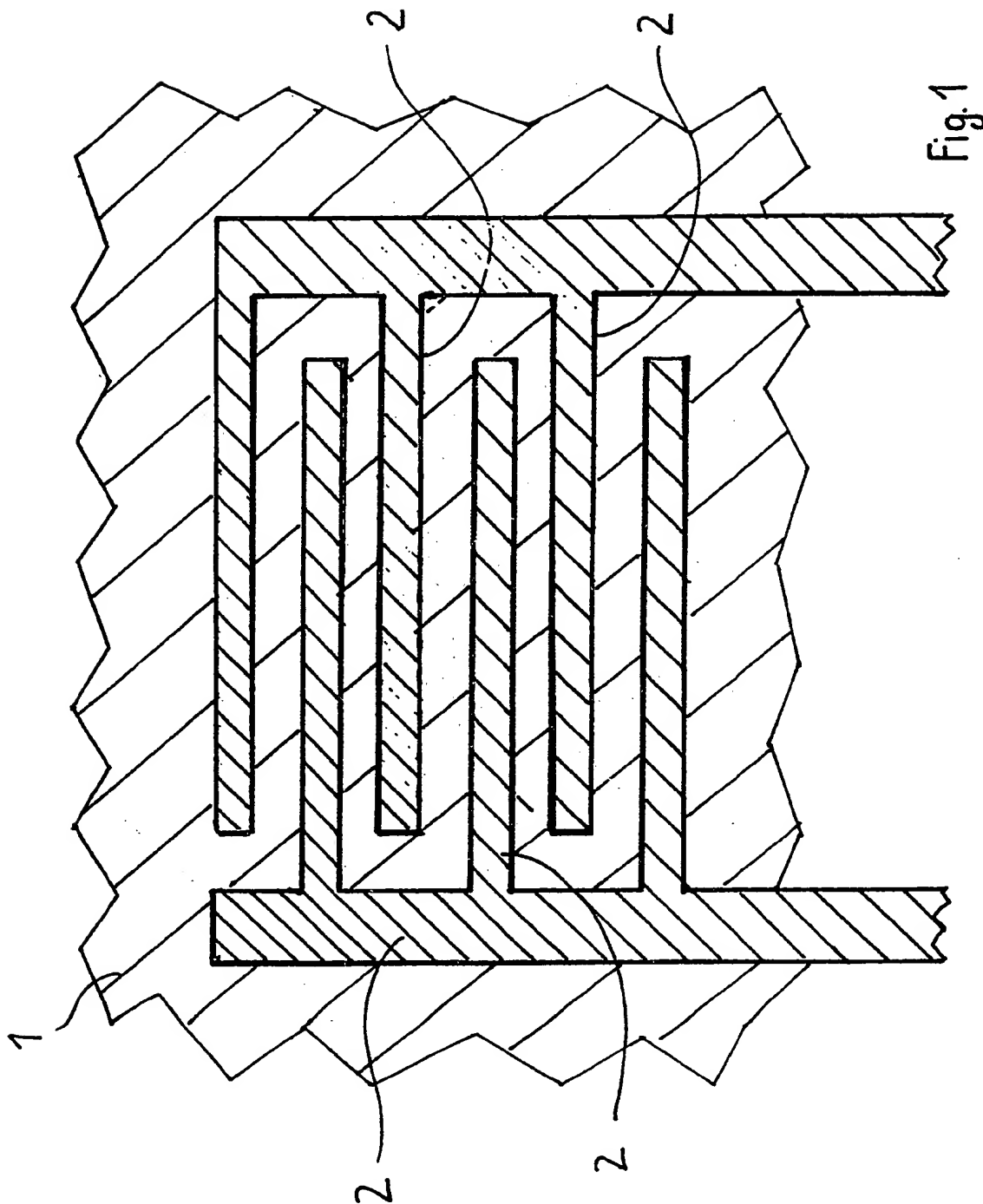
55

60

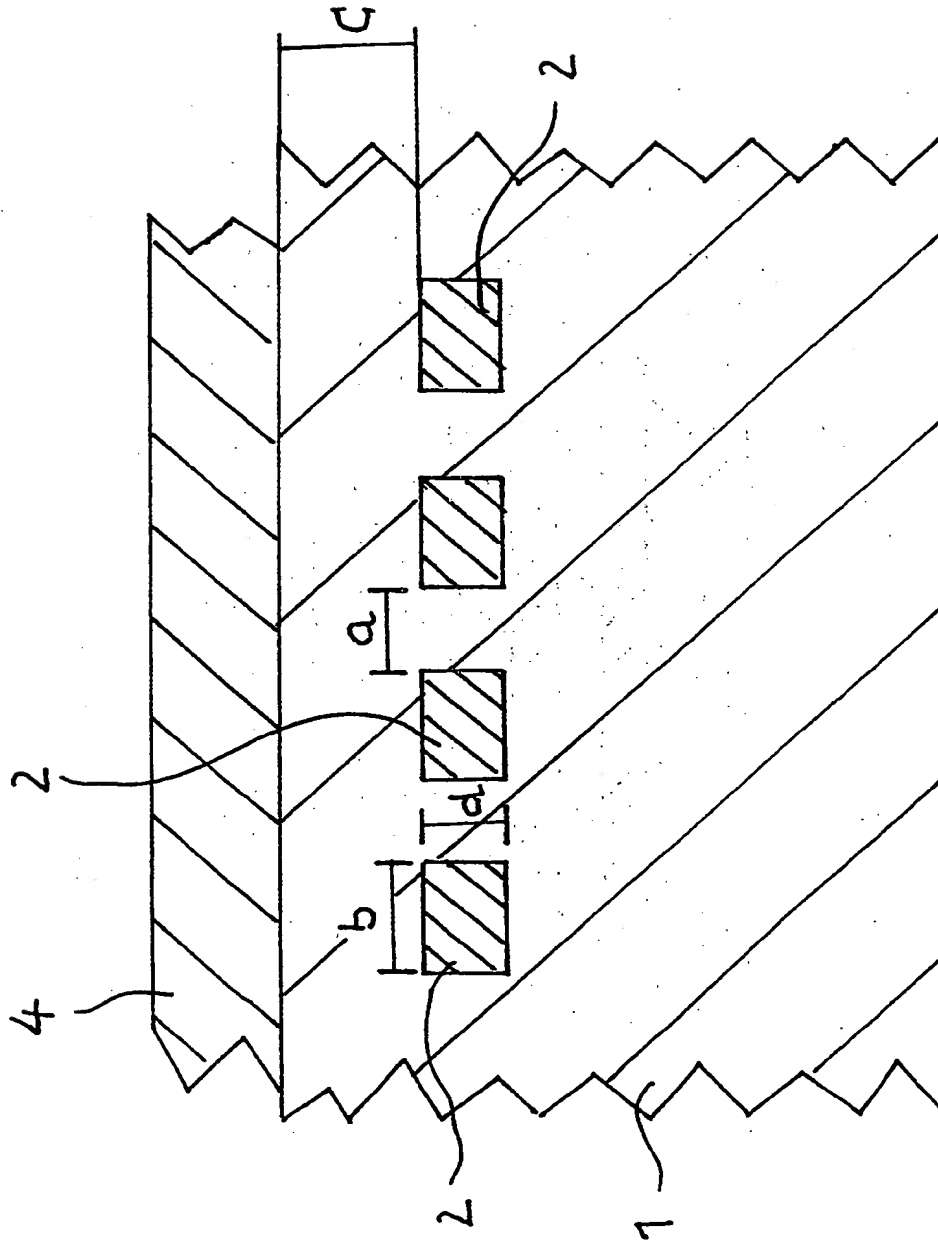
65

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY







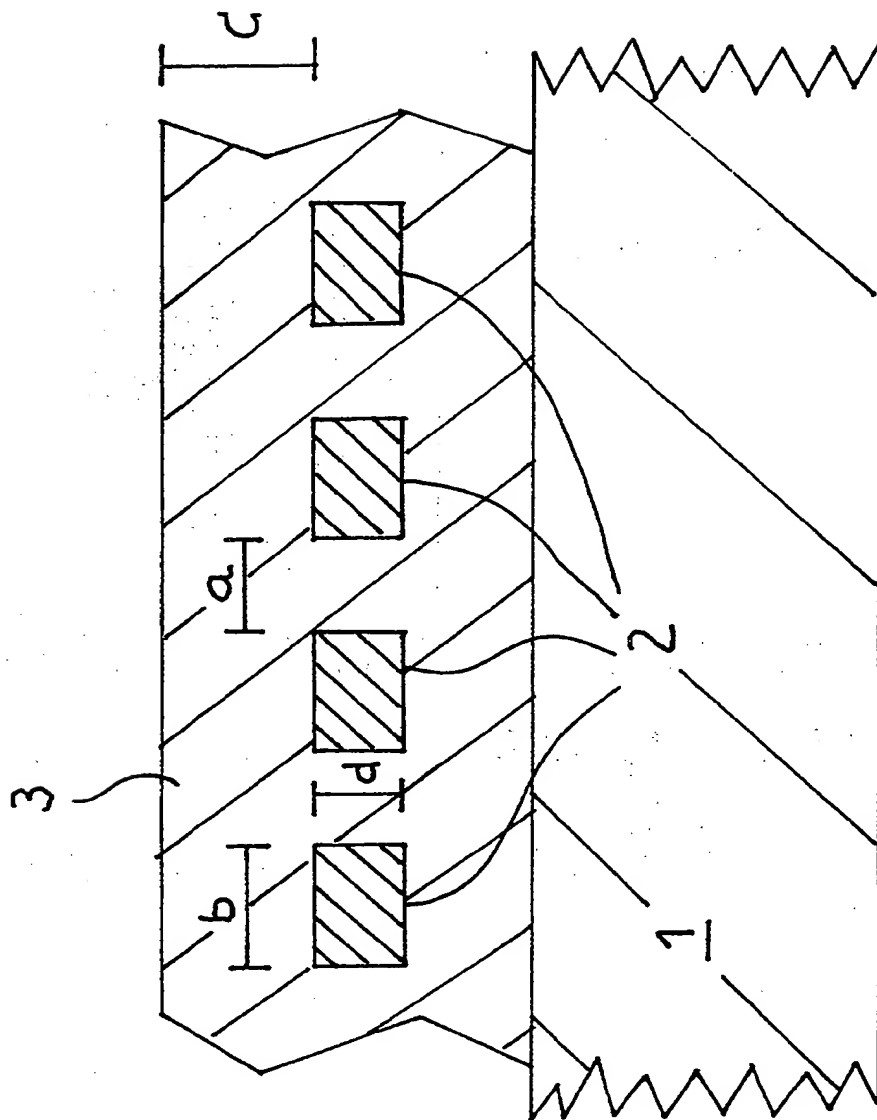


Fig. 3